

## СТРАТИГРАФИЈА КВАРТАРА - САВРЕМЕНЕ ПРОМЕНЕ

ТИВАДАР ГАУДЕЊИ,<sup>1\*</sup> МЛАЂЕН ЈОВАНОВИЋ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Буре Јакишића 9, 11000 Београд, Србија

<sup>2</sup>Универзитет у Новом Саду – ПМФ Катедра за физичку географију, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад, Србија

**Сажетак:** Корекције у стратиграфској подели квартара Србије актуализовано је померањем доње границе плеистоцена/квартара на почетак геласијског ката, односно на приближно 2,588 милиона година. Уместо званично одбаченог Пенк-Брикнеровог Алпског стратиграфског модела препоручује се коришћење изотопских стадијума кисеоника (OIS/MIS). Климатостратиграфски термини глацијал и интерглацијал су регионалне примењивости и њихово коришћење се препоручује само на подручјима где постоје трагови глацијације, док би се у глобалном контексту требало користити термини хладни стадијум и топли (или умерени) стадијум. Еоплеистоцен представља регионални термин за бивши СССР и због своје специфичности тешко се може применити у стратиграфији кварталних секвенци Србије. Најновијим проширењем доњег плеистоцена, даље коришћење еоплеистоцена би довела до даље конфузије и непрегледности при стратиграфској корелацији тако се препоручује да се користи доњи/рани плеистоцен или друга одговарајућа стратиграфска јединица.

**Кључне речи:** Квартар, стратиграфија, терминологија, Србија

### Увод

Термини квартал и плеистоцен су у међународној литератури у употреби више од 150 година. (Bourdier, 1957; Schneer, 1969). Током прошлости вођено је много дебата о њиховом месту и статусу на геолошкој временској скали. Објављивање “Геолошке временске скале 2004” (Geological Time Scale 2004) (Gradstein *et al.*, 2004) деловао је као катализатор полемика везаних за позицију квартара и његову стратиграфску и геохронолошку поделу.

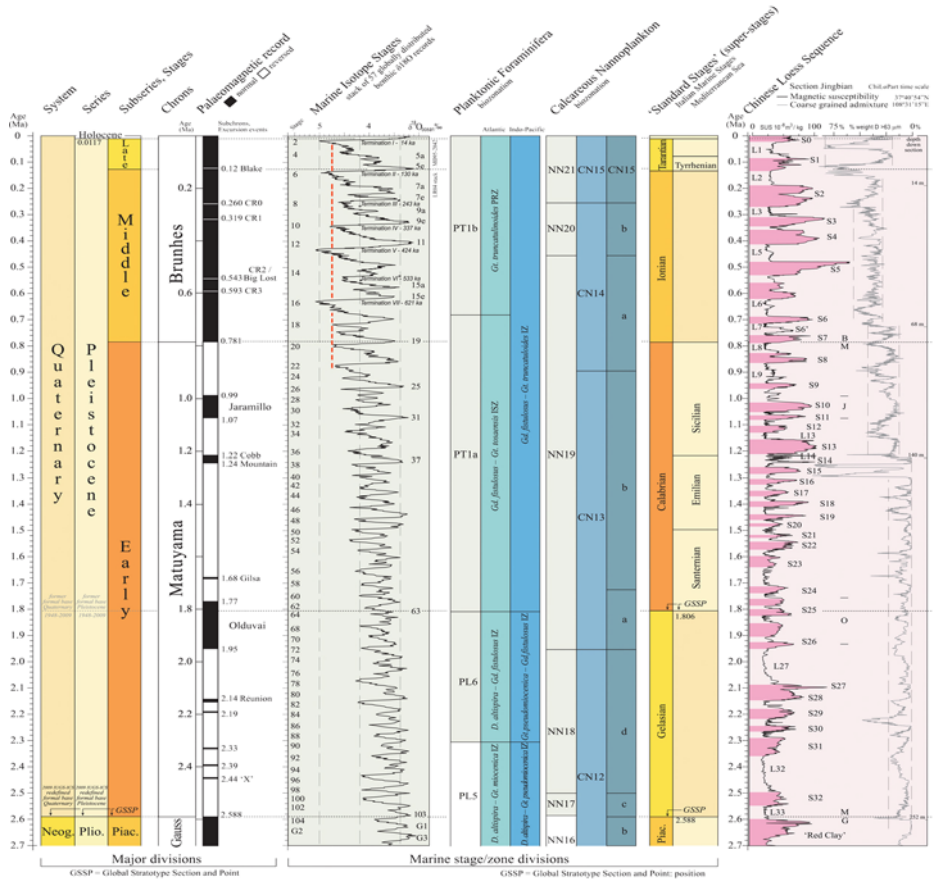
Овај проблем је био у жижи интересовања Субкомисије за стратиграфију квартара у оквиру Међународне комисије за стратиграфију (International Commission on Stratigraphy – Subcommission on Quaternary Stratigraphy, ICS-SQS) која је у сарадњи са Међународном унијом за проучавање квартара (International Union of Quaternary Research) разрадила неколико предлога за временско и статусно позиционирање квартара (Gibbard *et al.*, 2009).

Јуна 2009. Међународна унија геолошких наука (International Union of Geological Sciences, IUGS) формално је ратификовала позиције квартара и плеистоцена и поставила доњу границу на 2,588 милиона година ([http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS\\_Ratification\\_Q\\_Pleistocene.pdf](http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS_Ratification_Q_Pleistocene.pdf); Gibbard *et al.*, 2009) (Прилог 1)

---

\* Е-mail: t.gaudenyi@gi.sanu.ac.rs

Израда рада је потпомогнута од стране Министарства просвете и науке у оквиру пројекта бр. 47007 у периоду 2011-2014.



Прилог 1. Глобална корелациона хроностратиграфска табела квартара (према Gibbard and Cohen, 2008).

Потреба за усаглашавањем стратиграфије квартара на простору Србије је већ постојала, међутим на овај начин је поново актуализована.

У овом раду биће представљене новине везане за стратиграфију квартара, усаглашавање термина и номенклатуре за представљање квартара на подручју Србије сходно важећим глобалним моделима, са жељом да се олакша комуникација између квартаролога.

Најчешће кориштене методе у стратиграфској корелацији квартарних секвенци су: литостратиграфија, биостратиграфија, или туфитна стратиграфија, геохронологија, климатостратиграфија, аминостратиграфија, изотопна стратиграфија, секвенциона стратиграфија, педостратиграфија, морфостратиграфија, магнетостратиграфија и геофизички каротаж (Pillans, 2007).

Хроностратиграфске јединице су изабране као средство међународне комуникације међу стратиграфима с обзиром на њихово место на стратиграфским профилима. Између хроностратиграфских и геохронолошких термина постоји формална хијерархија еквивалентности (Salvador, 1994). За разлику од старијих геолошких одељака, климатостратиграфска подела квартара има другу традицију базирану на утврђеним климатским променама (Прилог 1. и 2.)

		подсистем/ подпериода	серија/ епоха	подсерија/ подепоха	стандардни катови	MIS
ератем/ера <b>КЕНОЗОИК</b>	систем/период <b>КВАРТАР</b>	горњи/касни	холоцен			1
			плейстоцен	горњи/касни	тарантијски	2-5
		средњи		јонски	6-19	
		доњи/рани		доњи/рани	калабријски	20-63
геласијски	64-103					

Прилог 2. Хијерархија формалних кварталних хроностратиграфских и геохронолошких термина (према Gibbard *et al.*, 2009; Walker, 2005)

*Ратификована стратиграфска схема квартара (јун 2009)*

На основу предлога ICS-а, Извршни одбор IUGS-а, је прихватио да се изједначе базе кварталног система/периода и плейстоцене серије/епохе. Трајање плейстоцена је стога проширено додавањем геласијског ката (Gelasian) који је припадао плиоцену. Подина овог ката је одређена на основу стратотипског профила планине Св. Никола на Сицилији (GSSP - Monte San Nicola, Sicily, Italy). Граница неоген/квартар одговара почетку морског изотопског стадијума (Marine Isotope Stage - MIS), 103 датираном на 2,588 милиона година. На основу ових дефиниција геласијски кат се преноси из плиоцене серије/епохе у плейстоцен (Gibbard *et al.*, 2009) (Прилог 1).

### Климатостратиграфске јединице

Традиционалне климатостратиграфске јединице квартара су глацијал/стадијал и интерглацијал/интерстадијал.

Интерглацијал представља интервал топле или умерене климе са најмање једним климатским оптимумом, који је имао исте или више климатске вредности од холоцена. Интерстадијал је период који није трајао довољно дуго, или није био довољно топао да би се развила листопадна шума умереног климата или еквивалентна вегетација интерглацијалног типа (West, 1977).

Употреба термина глацијал и интерглацијал је веома раширена, међутим они су неадекватни за области које нису биле захваћене глацијацијом. Стога се препоручује употреба термина хладни (cold stage) и топли, односно умерени стадијум (warm stage/temperate stage). Природа ових јединица указује на њихову регионалну употребу (Suggate, 1974; Suggate & West, 1969; West, 1977).

Према савременој климатостратиграфској подели, квартал је расчлањен на морске изотопске стадијуме (MIS), који су дефинисани на основу опажених варијација изотопа кисеоника у дубокоморским седиментима (Cita, 2008; Emilliani, 1955; Shackleton & Opdyke, 1973).

Последњих десет година и лесне серије на простору Србије се веома прецизно корелирају са морским изотопским стадијумима (нпр. Antoine *et al.*, 2009; Buggle *et al.*, 2009; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009).

### *Стадијуми и катови*

У међународној климатостратиграфској номенкатури квартара термином "Stage" се означавају катови и стадијуми.

Катови као стратиграфске и хроностратиграфске јединице су много дуже у употреби док је употреба стадијума (и стадијала) у стручној литератури на српском језику много млађа (Momčilović, 1974; Рундић, 2007).

Употреба термина кат, је када се користе климатостратиграфске јединице са географским називима, док уколико нема географске одреднице користимо називе стадијум. Примери употребе катова су холштајн или холштајнски кат (Holsteinian) уколико је реч о северо-западноевропским катовима (North West European Stages); ипсвич или ипсвички кат (Ipswichian) уколико је реч о катовима Британских острва (British Stages); висконсин или висконсински кат (Wisconsinan) уколико су предмет северноамерички катови (North American Stages); валдај или валдајски кат (Valdaian) када је о катовима Руске низије (Russian Plain Stages).

Као географске одреднице користимо термин геласијан или геласијски кат (Gelasian), али када се говори о регионалним стратиграфским јединцама исправна је и употреба: италијански морским катови (Italian Marine Stages) или италијанским морским супер стадијуми (Italian Marine Super Stages), јер они представљају тзв. основне или стандардне катове или стадијуме ("Standard Stages").

Изотопски стадијуми кисеоника (Oxygen Isotope Stages или OIS) или морски изотопски стадијуми (Marine Isotope Stages или MIS) су првенствено климатостратиграфски термини (Gibbard & van Kolfshoten, 2004). На основу промена изотопа кисеника  $\delta^{18}\text{O}$  у дубокоморским седиментима формиран је SPECMAP (Imbrie *et al.*, 1984) палеоклиматски модел. Почевши од холоцена, топли периоди су обележени непарним бројевима, а хладне фазе парним бројевима.

### *Терминације*

Нагле климатске промене уочене на тек добијеним континуираним морско-изотопски записима сместа су привукле пажњу палеоклиматолога. Карактеристични „тестерасти“ облик крива климатских промена је истакао Емилијани (Emiliani, 1966), што је сугерисало да деглацијација наступа нагло, током периода не дужег од 10.000 година, за разлику од постепеног процеса захлађења током глацијала.

Ове нагле промене, од потпуно глацијалних до потпуно интерглацијалних прилика, Брекер и Ван Донк (Broecker and van Donk, 1970) су назвали терминацијама. У последњих 620.000 година идентификовано је седам терминација које ограничавају шест пуних глацијалних циклуса (Broecker, 1984). Обележене су римским бројевима, почевши од I, на прелазу из MIS 6 у 5, до VII на граници између MIS 16 и 15 (Прилог 1).

Време „средишњих тачки“ терминација приказано је на прилогу 1. Уочава се да терминације III (MIS 8/9) и VI (MIS 14/13) нису то у пуном значењу речи. Нагле палеоклиматске промене, означене терминацијама I, II, IV, V и VII, настају након што је у пуном глацијалу акумулирана велика количина леда, што није био случај током MIS 14 и 8 (Raymo, 1997).

На SPECMAP временској скали, терминације су уско везане за повећање летње инсолације на  $\phi N65^\circ$ , што сугерише да до глобалне деглацијације долази приликом отопљавања на високим ширинама северне полулопте (Broecker, 1984; Imbrie et al., 1993). Временски интервал између терминација варира од 84.000 (IV-V терминација), до 120.000 (III-II) година, односно траје пет до шест прецесионих циклуса (Raymo, 1997).

## Корекције на стратиграфском моделу Србије

### *Недостаци Пенк-Брикнеровог Алпског стратиграфског модела*

Пенк-Брикнерова стратиграфска схема плеистоцена на простору Алпа (Penck & Brückner, 1909) је деценијама представљала основни хроностратиграфски модел за скоро читав континент, а заснивала се на проучавању моренског материјала у долинама северне подгорине Алпа.

Џорџ Кукла (George Kukla) је објединио је доказе добијене до 1969. године, који сведоче да развиће глацијланих и интерглацијланих периода према Пренк-Брикнеровој схеми, коју је проширио Еберл (Eberl) и прихватила читава генерација геолога, није тачна (Имбри & Имбри, 1981; Kukla, 1975, 1977). Према томе термини бибер, дунав, гинц, миндел, рис и вирм се стога могу користити искључиво за описивање и корелацију тераса или морена на простору Алпа (Kukla, 1977). Препоручено је да се уместо одреднице „вирм“ користи „вирмска тераса“, односно да се Пенк-Брикнерове хроностратиграфске јединице не користе у својству геохронолошких или хроностратиграфских катова.

Један од закључка четрнаестогодишњег 24. IGCP (Међународног геолошког корелационог програма) пројекта, „Квартарна глацијација северне хемисфере“ је да се Пенк-Брикнерова стратиграфија плеистоцена мора одбацити (Ehlers, 1996; Šibrava, 1986). Ипак, део научника и даље Пенк-Брикнеров стратиграфски модел користи за поделу плеистоцена, а то је чест случај и у нашој земљи.

### *Проблематика еоплеистоцена*

Приликом формирања стратиграфске шеме квартара на подручју Србије, 70их година прошлог века „позајмљени“ је термин еоплеистоцен за означавање најстарије секвенце квартара. По својој изворној дефиницији „термин еоплеистоцен је предложен за доњи део квартарне периоде, који се налази између доњег дела горњег плиоцена (укључујући и акагијске слојеве са карповским фаунистичким комплексом) и плеистоцена у ужем смислу, који почиње минделском глацијацијом. Према Громову *et al.*, (1972) његова горња граница налазила би се испод тираспољских слојева, еквивалента минделске глацијације. Термин одражава схватање великог броја руских геолога о потреби снижавања доње границе квартара за рачун скоро целог горњег плиоцена („А“ варијанта границе N/Q, према Међународном колоквијуму у Кишињеву, 1972), како на основу првих појава квартарне сисарске фауне тако исто и на основу налазка првих оруђа и остатака човека“ (Ракић, 1975, 94).

Временски оквир еоплеистоцена је често мењан (Ракић, 1977а, 1977б). Најсликовитији је пример у монографији Геологија Србије – Стратиграфија – Кенозоик (Петковић, 1977). У табеларном прегледу Ракићевог мишљења о старости београдског и сремског леса, где ео-плеистоцени слојеви обухватају дунав и дунав–гинц, који се налазе испод доњег плеистоцена (гинц) (Стевановић, 1977, 379) (Прилог 3).



само калабријском кату, док је неоплеистоцен приближни временски еквивалент средњим и касним плеистоценим подсеријама (Anonymus, 1982, 1984; Krasenkov *et al.*, 1997, према Gibbard, 2004). Еолпеситоцен у случају квартара Србије се и новијим радоваима се користи (e.g. Knežević *et al.*, 1998; Nenadić, 2000, 2003; Nenadić & Simić, 2003-2004; Nenadić *et al.*, 1998, 2002), међутим и Ракић (1976) је избегавао га користи у прегледном литостратиграфском субту плиоценско-квартарних седимената Срема и у прегледним табелама синхронизма леса околине Београда и Срема (Ракић, 1976 р. 160 и 171) у којем, су одговарајуће фомрације представљени су доњеплеистоценским седиментима.

### *Стратиграфија лесно-палеоземљишних секвенци Србије*

Резултати мултидисциплинарних истраживања лесно-палеоземљишних секвенци (ЛПС) Војводине током последњих неколико година, унапредили су њихово познавање и разумевање хроностратиграфије. ЛПС сачуване у северним деловима Срибе је веома комплетне и такве представљају један од најдетаљнијих копнених палеоклиматских архива. Marković *et al.* (2003, 2004a, 2006) су развили номенклатуру ЛПС у Војводини на основу кинеског лесног стратиграфског система (e.g. Liu, 1985; Kukla, 1987; Kukla and An, 1989), користећи префикс “SL” који указује на стандардни лесни профил у Старом Сланкамену. Због некомплетности најмлађег дела овог профила, уведен је префикс “V” (Marković *et al.*, 2008, 2011).

Стратиграфија ЛПС у северној Србији је одгонетнута користећи неколико независних метода. Резултати првих термолуминисцентних (TL) датирања (Singhvi *et al.*, 1989; Butrym *et al.* 1991) су значајно измењени на основу савременијих метода TL и IRSL. Ове технике су широко коришћене на ЛПС последњег глацијално-интерглацијалног циклуса профила у Војводини (Antoine *et al.*, 2009; Bokhorst *et al.*, 2009; Fuchs *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 2007, 2008).

Релативна геохронологија заснована на износу рацемизације аминокиселина (AAR) успешно је примењена за дефинисање релативне старости последњих пет глацијално-интерглацијалних циклуса (Marković *et al.*, 2004a,b, 2005, 2006, 2007, 2011).

На лесном профилу Чот у Старом Сланкамену, детектована је бринес-матујама палеомагнетна граница (MBV), која представља и границу између доњег и средњег плеистоцена. Први резултати палеомагнетних истраживања овог профила (Марковић и сар., 1999, 2003) су потврђени, граница прецизно позиционирана (Hambach *et al.*, 2009; Јовановић и сар., 2010; Marković *et al.*, 2011). Реверсни поларитет је констатован од доњег дела лесног хоризонта V-L9. У оквиру последњег метра базалног палеопедагокомплекса, уочен је интервал нормалног поларитета, који указује на харамилу субхрон. Непоклапање између опажене очекиване позиције MBV је резултат комплексног процеса аквиизије намагнетисања (e.g. Spassov *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2008). Међутим, на основу резултата палеоинтензитета магнетног поља, утврђено је да је до промене поларитета дошло током формирања V-S7 који је временски еквивалент MIS 19. Ова позиција одговара временском оквиру бринес-матујама реверзије у кинеском лесу (Zhou and Shackleton, 1999; Tauche *et al.*, 1996).

Детаљно рашчлањивање ЛПС Војводине у оквиру бринес хрона, заснива се на резултатима магнетне суцептибилности (МС). Јасне разлике у вредности сигнала МС и карактеристичан изглед крива МС у палеоземљиштим на бројним истраживаним профилима, омогућиле су не само међупрофилну стратиграфску корелацију, него и корелацију са другим лесним профилима на Евроазијском копну. Резултати МС омогућавају да се корелација прошири и на океанско-изотопски запис, као и на архив ледених језгара Антарктика (Antoine *et al.*, 2009; Buggle *et al.*, 2009; Fuchs *et al.*, 2008; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011).

## Закључак

Потреба за усаглашавањем терминологије и стратиграфске номенклатуре квартара на простору Србије је већ постојала, а спуштањем границе почетка плеистоцена на 2,588 милиона година, ово питање је још више актуелизовано.

Скоро четврт века је прошло од када је употреба Пенк-Брикнеровог стратиграфског модела плеистоцена званично одбачена за простор Европе (Ehlers, 1996; Šibrava, 1986). Због тога је потребно да се термини дунав, бибер, гинц, миндел, рис и вирм преселе у област историје геолошке науке. Такође, термин еоплеистоцен је регионалног карактера (бивши СССР) и не може се јасно везати за кварталне секвенце у нашој земљи и његово кориштење у случају кварталних формација Србије требало би избегавати.

Термини глацијал и интерглацијал су неадекватни за области које нису биле захваћене глацијацијом и због тога се препоручује употреба термина хладни и топли, односно умерени стадијум.

Према савременој климатостратиграфској подели, квартал је рашчлањен према морским изотопским стадијумима (MIS), који су дефинисани на основу варијација изотопа кисеоника у дубокоморским седиментима (Cita, 2008; Emiliani, 1955; Shackleton & Opdyke, 1973). Овај модел се веома успешно примењује при корелацији лесних серија на простору Војводине са најзначајнијим лесно-палеоземљишним профилима Евроазијског копна, дубокоморским седиментима и леденим језгрима Антарктика и Гренланда (Antoine *et al.*, 2009; Buggle *et al.*, 2009; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009) и стога се треба проширити на кварталне творевине Србије.

## Литература

- Anonymus (1982). *Stratigraphy of the USSR: Quaternary System. Vol. 1.* Nedra, Moscow: 443 pp. (in Russian)
- Anonymus (1984). *Stratigraphy of the USSR: Quaternary System. Vol. 2.* Nedra, Moscow: 552 pp. (in Russian)
- Antoine, P., Rousseau, D.-D., Fuchs, M., Hatté, H., Gauthier, C., Marković, S.B., Jovanović, M., Gaudenyi, T., Moine, O., and Rossignol, J. (2009). High-resolution record of the last climatic cycle in the southern Carpathian Basin (Surduk, Vojvodina, Serbia). *Quaternary International* 198: 19-36.
- Bokhorst, M.P., Beets, C.J., Marković, S. B. Gerasimenko, N.P., Matviishina, Z.N. and Frechen, M. (2009). Pedochemical climate proxies in Late Pleistocene Serbian-Ukrainian loess sequences. *Quaternary International* 198, 123-133.
- Bowen, D.Q. (1978). *Quaternary geology.* Oxford: Pergamon Press. 217 pp.
- Bourdier, F. (1957). Quaternaire. In: *Lexique stratigraphique international. Vol. 1 Europe.* Ed. Pruvost, Pierre Paris: Centre National de la Recherche Scientifique. 99- 100.
- Broecker, W.S., and van Donk, J. (1970). Insolation changes, ice volumes, and the <sup>18</sup>O record in deep-sea cores. *Reviews of Geophysics* 8, 169-197, 1970.
- Broecker, W. S. (1984). Terminations. In: *Milankovitch and Climate, Part 2,* (edited by A. Berger *et al.*), pp. 687-698. D. Reidel, Norwell, Mass.
- Buggle, B., Hambach, U., Glaser, B., Gerasimenko, N., Marković, S.B., Glaser, I. and Zoeller, L. (2009). Stratigraphy, and spatial and temporal paleoclimatic trends in Southeastern/Eastern European loess paleosol sequences. *Quaternary International* 196, 86-106.
- Butrym, J., Maruszcak, H., Zeremski, M. (1991). Thermoluminescence stratigraphy on Danubian loess in Belgrade environs. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sec. B* 46, 53-64.
- Cita, M.B. (2008). Summary of the Italian marine stages of the Quaternary. *Episodes* 31 (2): 251-254.
- Ehlers, J. (1996). *Quaternary and Glacial Geology.* John Wiley and Sons: 578 pp.
- Emiliani, C. (1955). Pleistocene temperatures. *Journal of Geology* 63: 538-575.
- Fuchs, M., Rousseau D.D., Antoine, P., Hatté, C., Gautier, C., Marković, S.B. and Zöller, L. (2008). High resolution chronology of the upper Pleistocene loess/paleosol sequence at Surduk, Vojvodina, Serbia. *Boreas* 37, 66-73.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., and Smith, A. (2004). *Geologic Time Scale 2004.* Cambridge University Press 589. pp.
- Gibbard, P.E. and van Kolschoten, T. (2004). The Pleistocene and Holocene Epochs. In: *Geologic Time Scale 2004.* (Eds. Gradstein, F., Ogg, J.G. and Smith, A.). Cambridge University Press: 441-452.
- Gibbard, P.L. and Cohen, K.M. 2008. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes* 31 (2), 243-249

- Gibbard, P.L., Martin, J. Head and Mike J.C. Walker, the Subcommission on Quaternary Stratigraphy. 2009. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science* 52: 96-102.
- Hambach, U., Rolf, C. and Schnepf, E. (2008). Magnetic dating of Quaternary sediments, volcanites and archaeological materials: an overview. *Quaternary Science Journal* 57 (1-2), 25-51
- Hambach, U., Jovanović, M., Marković, S.B., Nowaczyk, N., Rolf, C. (2009). The Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal in the Stari Slankamen loess section (Vojvodina, Serbia): its detailed record and its stratigraphic position. *Geophysical Research Abstracts* 11 EGU2009-0, 2009.
- Imbrie, G., & Imbrie-Palmer, K. (1981). *Ledeno doba – rešenje tajne (Ice Ages – Solving the mystery)*. Nolit 215 pp (in Serbian)
- Imbrie, J., Berger, A., Boyle, E.A., Clemens, S.C., Duffy, A., Howard, W.A., Kukla, G., Kutzbach, J., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Molfino, B., Morley, J.J., Peterson, L.C., Pisias, N.G., Prell, W.L., Raymo, M.E., Shackleton, N.J., and Toggweiler, R. (1993). On the structure and origin of major Glaciation cycles, 2. The 100,000-year cycle. *Paleoceanography* 8, 699-736.
- Jovanović, M., Hambach, U., Gaudenyi, T., Marković, S.B. (2010). Stratigrafija lesno-paleozemljišnih sekvenci Vojvodine. *Zbornik radova 15. Kongresa geologa Srbije*. Beograd, 26-29. maj 2010, 93-97
- Knežević, S., Nenadić, D. & Stejić, P. (1998). Preloess Quaternary and Pliocene deposits of Zemun and Novi Beograd. *Annales Géologiques de la Peninsule Balkanique*, 62, 57-73 (in Serbian and English)
- Krasenkov, R.V., Iossifova, Yu.I., and Semenov, V.V. (1997). The Upper Don drainage basin - an important stratoregion for climatic stratigraphy of early Middle Plesitocene (the early Neopleistocene) of Russia. *Quaternary geology and paleogeography of Russia*. Moscow: Geosynthos. 82-96 (in Russian, abstract in English)
- Kukla, G. J. (1975). Loess stratigraphy in Central Europe. In: *After the Australopithecines* Eds. Butzer, Karl W. and Isaac L. Glynn. Hague: Mouton. 99–188.
- Kukla, G.J. (1977). Pleistocene land–sea correlations I. *Earth Science Reviews*, 13: 307–374.
- Kukla, G.J. (1987). Loess Stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews* 6, 191-219.
- Kukla, G., & An, Z. (1989). Loess stratigraphy in central Chinana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 72, 203-225.
- Liu, T.S. and 30 others (1985). Loess and the Environment. China Ocean Press, Beijing.
- Liu, Q.S., Roberts, A.P., Rohling E.J., Zhu, R.X. & Sun, Y.B. (2008). Post-depositional remanent magnetisation lock-in and the location of the Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal boundary in marine and Chinese loess sequences. *Earth and Planetary Science Letters* 275, 102-108.
- Lowe, J.J., and Walker, M.J.C. (1984). *Reconstructing Quaternary Environments*. Wiley: 389 pp.
- Marković, S.B., Kukla, G., Mihajlović, S., Vujović-Mihić, D., Janković, J. & Jovanović, M. (1999). Paleomagnetizam lesnog profila Stari Slankamen – Čot i Milankovićeви paleoklimatski ciklusi. *Zbornik radova simpozijuma „120. godišnjica Milutina Milankovića“*: 88-100.
- Marković, S.B., Heller, F., Kukla G.J., Gaudenyi, T., Jovanović, M. & Miljković, Lj. (2003). Magnetostratigrafija lesnog profila Čot u Starom Slankamenu. *Zbornik radova Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo* 32, 20-28.
- Marković S.B., Kostić N. and Oches, E.A. (2004a). Paleosols in the Ruma loess section. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21, 79-87.
- Marković, S.B. Oches, E.A., Jovanović, M., Gaudenyi, T., Hambach, U., Zöller, L., & Sümegi, P. (2004b). Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Miseluk (Vojvodina, Serbia). *Quaternaire* 15, 361-368.
- Marković, S.B. McCoy, W.D., Oches, E.A., Savić, S., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P. and Galić, Z. (2005). Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin Brickyard (Vojvodina, Serbia). *Geologica Carpathica* 56, 483-491.
- Marković, S.B., Oches, E.A., Sümegi, P., Jovanović, M. and Gaudenyi, T. (2006). An introduction to the Upper and Middle Pleistocene loess-paleosol sequences of Ruma section (Vojvodina, Yugoslavia). *Quaternary International*, 149: 80-86.
- Marković, S.B., Oches, E.A., McCoy, W.D., Gaudenyi, T., and Frechen. M. (2007). Malacological and sedimentological evidence for “warm” climate from the Irig loess sequence (Vojvodina, Serbia). *Geophysics, Geochemistry and Geosystems* 8. Q09008, DOI: 10.1029/2006GC001565.
- Marković, S.B, Bokhorst, M., Vandenbergh, J., McCoy, W.D., Oches, E.A. Hambach, U., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Zoeller, L., Stevens, T. and Machalett, B. (2008). Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. *Journal of Quaternary Science*, 23: 73-84.
- Marković, S.B., Hambach, U., Catto, N., Jovanović, M., Buggle, B., Machalett, B., Zöller, L., Glaser, B., & Frechen, M. (2009). The Middle and Late Pleistocene loess sequences at Batajnica, Vojvodina, Serbia. *Quaternary International* 198: 255-266.
- Marković, S.B., Hambach, U., Stevens, T., Kukla, G.J., Heller, F., William, D., McCoy, W.D., Oches, E.A., Buggle, B. and Zöller, L. (2011). The last million years recorded at the Stari Slankamen loess-paleosol sequence: revised chronostratigraphy and long-term environmental trends. *Quaternary Science Reviews* 30, 1142-1154.

- Momčilović, R.M. (1974). Sur les Stades et les Interstades des climats en Géologie. *Zapiski SGD za 1973*: 29-32 (in Serbian with French summary)
- Nenadić, D. (2000). Stratigraphic characteristics of loess deposits in Belgrade and its vicinity. *Bulletin – Geologie, Hydrogeologie et Geologie d'Ingenieur* 50, 51-61. Geozavod, Belgrade
- Nenadić, D. (2003). Palaeogeographic features of preloess Quaternary deposits in the area of eastern Srem. *Bulletin – Geologie, Hydrogeologie et Geologie d'Ingenieur* 53, 15-33.
- Nenadić, D., & Simić, V. (2004-2005). Stratigraphy and lithology of loess deposits in eastern Srem (Serbia). *Annales Géologiques de la Peninsule Balkanique* 66. 21-26.
- Nenadić, D., Knežević, S. & Stejić, P. (1998) Stratigraphic relations of Quaternary beds of Ada Ciganlija and Ada Huja river islands (Belgrade, Serbia). *Bulletin – Geologie, Hydrogeologie et Geologie d'Ingenieur, Serie A, B* 48, 61-68. Geozavod, Belgrade
- Nenadić, D., Simić, V. & Knežević, S. (2002). Stratigraphical and lithological characteristics of preloess sediments in eastern Srem. *Annales Géologiques de la Peninsule Balkanique*, 64, 53-62.
- Penck, A. and Brückner, E. (1909). *Die Alpen im Eiszeitalter*. Taunitz. Leipzig: 1199 pp.
- Petković, K. (Ed.) (1977). *Geologija Srbije II-3; Stratigrafija – Kenozoik (Geology of Serbia II-3; Stratigraphy – Cenozoic)*. Institute of Regional Geology and Paleontology; University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology. 443 pp.
- Pillans, B. (2007). Quaternary Stratigraphy. (In: Ed. Scott, E.A.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier: 2785-2801.
- Rakić, M.O. (1975). Eopleistocen (Eolpeistocene). In: Petković, K. (1975) *Geološka terminologija i nomenklatura; I Stratigrafija i paleogeografija*. Institute of Regional Geology and Paleontology; University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology. 94 (in Serbian)
- Rakić, M. O. (1976). The genesis and stratigraphy of Quaternary sediments in the drainage basins of Južna- and Zapadna Morava rivers (with the short review of sedimentary conditions in Dacian and Pannonian basins). *Memoires du Service Geologique et Geophysique XVIII*, 88 p. (in Serbian with English summary)
- Rakić M.O. (1977a). Kvarter – B plesitocen Srema i Banata. In Petković, K. (Ed.) *Geologija Srbije II-3; Stratigrafija – Kenozoik (Geology of Serbia II-3; Stratigraphy – Cenozoic)*. Institute of Regional Geology and Paleontology; University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology. 399-405.
- Rakić M.O. (1977b). Kvarter – G kvarter Pomoravlja. In Petković, K. (Ed.) *Geologija Srbije II-3; Stratigrafija – Kenozoik (Geology of Serbia II-3; Stratigraphy – Cenozoic)*. Institute of Regional Geology and Paleontology; University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology. 405-411.
- Raymo, M.E. (1997). The timing of major climate terminations. *Paleoceanography* 12, No. 4: 577-585.
- Rundić, Lj. (2007). *Opšta stratigrafija*. University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology
- Salvador, A. (1994). *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure*. 2<sup>nd</sup> edition. International Union of Geological Sciences and Geological Society of America, Trondheim, Norway and Boulder, CO: 214 pp.
- Schneer, C. J. (1969). Introduction. In: *Towards a history of Geology*. (Ed. Schneer, Cecil J.) 1-18. The Massachusetts Institute of Technology Press: Cambridge and London: 469 pp.
- Šibrava, V. (1986). Correlation of European glaciations and their relation to the deep-sea record. *Quaternary Science Reviews*, 5: 433-441.
- Shackleton, N.J. and Opdyke, N.D. (1973). Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on 105 and 106 year scale. *Quaternary Research*, 3: 39-55.
- Spassov, S., Heller, F., Evans, M.E., Yue, L.P. & Von Dobeneck, T. (2003). A lock-in model for the complex Matuyama-Brunhes boundary record of the loesspalaeosol sequence at Lingtai (Central Chinese Loess Plateau). *Geophysical Journal International* 155, 350-366.
- Stevanović, P.S. (1977). Kvarter – 4. Eolske facije. In Petković, K. (Ed.) *Geologija Srbije II-3; Stratigrafija – Kenozoik (Geology of Serbia II-3; Stratigraphy – Cenozoic)*. Institute of Regional Geology and Paleontology; University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology. 371-285.
- Suggate, P.R. (1974). When did the last glacial end? *Quaternary Research*, 4: 246-252
- Suggate, P.R. and West. R.G. (1969). Stratigraphic nomenclature and subdivision of the Quaternary. Working Group for Stratigraphic Nomenclature, INQUA Commission for Stratigraphy (*unpublished discussion comment*).
- Tauxe, L., Herbert, T., Shackleton, N.J. and Kok, Y.S. (1996). Astronomical calibration of the Matuyama-Brunhes boundary: Consequences for magnetic remanence acquisition in marine carbonates and the Asian loess sequences. *Earth and Planetary Science Letters* 140, 133-146.
- Walker, M.J.C. (2005). *Quaternary Dating Methods*. Wiley and Sons: 286 pp.
- West, R.G. (1977). *Pleistocene geology and biology*. Second Edition. London: Longmans. 440 pp.
- Zhou, L.P. and Shackleton, N.P. (1999). Misleading positions of geomagnetic reversal boundaries in Eurasian loess and implications for correlation between continental and marine sediment sequences. *Earth and Planetary Science Letters* 168, 117-130.
- Web sources: Retrieved from: [http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS\\_Ratification\\_Q\\_&\\_Pleistocene.pdf](http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS_Ratification_Q_&_Pleistocene.pdf) visited on 12.09.2009

## QUATERNARY STRATIGRAPHY - RECENT CHANGES

TIVADAR GAUDENYI<sup>1\*</sup>, MLADJEN JOVANOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Geographical Institute „Jovan Cvijić “ SANU, Djure Jakšića 9, 11000 Belgrade*

<sup>2</sup>*Chair of Physical Geography, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad*

**Abstract:** Corrections to the Quaternary stratigraphic division of Serbia was updated/renewed by lowering limit of the Pleistocene / Quaternary to the beginning of the Gelasian that is at approximately 2.588 million years. Rather than the officially rejected *Penck & Brückner Alpine* stratigraphic model, the use of oxygen isotope stages (OIS / MIS) is recommended. Climatostratigraphic terms glacial and interglacial have a regional applicability and their use is recommended only in areas where there are traces of glaciation, while the terms cold and warm stage (or moderate) stages should be used within the global context. Eopleistocene is a regional term for the former Soviet Union and due to its uniqueness it can hardly be applied in the stratigraphical scheme of the Quaternary deposits in Serbia. With the latest extension of the Lower Pleistocene, further use of Eopleistocene would lead to further confusion in stratigraphic correlation as such the use of the Lower / Early Pleistocene or other appropriate stratigraphic units is recommended.

**Key words:** Quaternary, stratigraphy, terminology, Serbia

### Introduction

The terms Quaternary and Pleistocene have been in use in international literature for more than 150 years. (Bourdier, 1957; Schneer, 1969). During the past, there has been a lot of debate about their place and status on the geologic time scale. The publication of the "Geological time scale: 2004" (Gradstein *et al.*, 2004) acted as a catalyst for the controversy regarding the position of Quaternary and its stratigraphic and geochronical division.

This issue was a major focus of interest for the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy of the International Commission on Stratigraphy (ICS-SQS), which in collaboration with the International Union of Quaternary Research developed some suggestions for the timing and positioning of the status of the Quaternary (Gibbard *et al.*, 2009).

In June 2009, The International Union of Geological Sciences (IUGS) formally ratified the Quaternary and Pleistocene position and set the lower limit at 2.588 million years ([http://www.stratigraphy.org/upload/iugs\\_Ratification\\_Q&Pleistocene.pdf](http://www.stratigraphy.org/upload/iugs_Ratification_Q&Pleistocene.pdf); Gibbard *et al.*, 2009) (Appendix 1).

**Fig. 1. Global chronostratigraphical table of the Quaternary (after Gibbard and Cohen, 2008).**

The need for harmonization of the Quaternary stratigraphy in Serbia was already present but was once again renewed in this manner.

This paper will present new findings related to Quaternary stratigraphy, harmonization of nomenclature and terms for the representation of Quaternary over the region of Serbia in accordance with the applicable global models, with the aim of facilitating communication between Quaternary geologists.

The most commonly used methods in stratigraphic correlation of Quaternary sequences are: lithostratigraphy, biostratigraphy, or tephrostratigraphy, geochronology,

---

\* e-mail: [t.gaudenyi@gi.sanu.ac.rs](mailto:t.gaudenyi@gi.sanu.ac.rs)

The Ministry of Education and Science of Republic of Serbia project No. 47007 during the period 2011-2014 has supported in the preparation of this paper.

climatostratigraphy, aminostratigraphy, isotope stratigraphy, sequential stratigraphy, pedostratigraphy, morphostratigraphy, magnetostratigraphy and geophysical logging (Pillans, 2007).

Chronostratigraphic units were chosen as a means of international communication between stratigraphers due to their position in the stratigraphic profiles. There is a formal equivalence hierarchy between chronostratigraphic and geochronological terms (Salvador, 1994). Unlike the older geological sections, the climatostratigraphic Quaternary division has another tradition based on established climatic changes (Fig. 1 and 2).

**Fig. 2. Hierarchy of the formal Quaternary chronostratigraphical and geochronological terms (after Gibbard *et al.*, 2009; Walker, 2005)**

### *The ratified Quaternary stratigraphic scheme (June 2009)*

On the basis of a proposal by the ICS, IUGS Executive Committee agreed that the bases of the Quaternary System / Period and the Pleistocene Series / Epoch would be equated. For that reason the duration of the Pleistocene was extended by adding the Gelasian floor belonging to the Pliocene. The base of this floor was determined on the basis of the stratigraphic profile of the mountain St. Nicholas on Sicily (GSSP - Monte San Nicola, Sicily, Italy). The boundary of Neogene / Quaternary corresponds to the onset of the marine isotope stage (Marine Isotope Stage - MIS), 103 dated at 2.588 million years. Based on these definitions the Gelasian floor is transferred from the Pliocene Series / Epoch into the Pleistocene. (Gibbard *et al.*, 2009) (Fig. 1.).

### **Climatostratigraphic units**

The traditional climatostratigraphic units of the Quaternary were glacial / stadial and interglacial / interstadial.

An interglacial is an interval of warm or temperate climate with at least one climatic optimum, which had the same or higher climatic value than the Holocene. An interstadial is a period which did not last long enough, nor was it hot enough, to develop deciduous forest of temperate climate or equivalent interglacial vegetation types (West, 1977).

The use of the terms glacial and interglacial is widespread; however its use is inadequate for areas that were not affected by glaciation. It is therefore recommended that the terms cold stage and warm stage / temperate stage be used. The nature of these units suggests their regional use (Suggate, 1974; Suggate & West, 1969; West, 1977).

According to contemporary climatostratigraphic division, the Quaternary subdivided into the marine isotope stage (MIS), which have been defined on the basis of the observed oxygen isotope variations in deep-sea sediments (Cita, 2008; Emiliani, 1955; Shackleton & Opdyke, 1973).

In the last ten years, the loess series in Serbia have been very precisely correlated with the marine isotope stages (e.g. Antoine *et al.*, 2009; Bugge *et al.*, 2009; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009).

### *Dual use of stages*

In the international Quaternary English language climatostratigraphic nomenclature the term "Stage" dual use while in the nomenclature in Serbian for this word we use terms "kat" (in plural "katovi") and "stadijum" (in plural "stadijumi").

"Kat" as a stratigraphic and chronostratigraphic unit has been used for much longer while the use of "stadijum" in professional Serbian literature is much more recent (Momčilović, 1974; Rundić, 2007).

The use of the "kat" is used with climatostratigraphic units with geographical names, and if there are no geographical determinants the term "stadijum" is used. Examples of the use of "kat" are Holstein or Holstein "kat" (Holsteinian) in case of north-western stages (North West European Stages); Ipswich or Ipswich "kat" (Ipswichian) in case of British Isles floors (British Stages); Wisconsin or Wisconsin "kat" (Wisconsinian) if the subject are North American "katovi" (North American Stages); Valdai or Valdai "kat" (Valdaian) and the Russian Plain "katovi" (Russian Plain Stages).

The term Gelasian is used as a geographical determinant, but when regional stratigraphic units are in question the correct use is: Italian Marine Stages or Italian Marine Super Stages, as it represents basic or standard "katovi" or stages ("Standard Stages").

"Stadijum" or "stadijum" used for the Oxygen Isotope Stages or OIS or Marine Isotope Stages or MIS are primarily climatostratigraphic terms (Gibbard & van Kolfshoten, 2004). Based on changes in the  $\delta^{18}\text{O}$  oxygen isotope in deep-sea sediments the SPECMAP paleoclimatic model (Imbrie *et al.*, 1984) was formed. Starting from the Holocene, the warm periods are marked by odd numbers and the cold phases with even numbers.

#### *Terminations*

Abrupt climate changes observed on the recently received continuous marine-isotope records immediately attracted the attention of paleoclimatologists. Emiliani noted the characteristic "jagged" curve of the climate change (1966), which suggested that deglaciation occurred suddenly, during a period which did not exceed 10,000 years, as opposed to a gradual cooling process during glaciation.

These sudden changes from completely glacial to completely interglacial conditions Broecker and van Donk (1970) called termination. In the past 620,000 years, seven terminations have been identified which comprise the six full glacial cycles (Broecker, 1984). They are marked with Roman numerals, starting from I, between the transition from MIS 6 to 5, to VII on the border between MIS 16 and 15 (Fig. 1).

The "mid-point" period of the terminations is shown in Fig. 1. It has been observed that terminations III (MIS 8/9) and VI (MIS 14/13) are not terminations in the full sense of the word. Abrupt paleoclimatic changes, labeled by terminations I, II, IV, V and VII, form after a large amount of ice has been accumulated in the full glacial, which was not the case during MIS 14 and 8 (Raymo, 1997).

On the SPECMAP timescale, terminations are closely related to the increase in summer insolation at  $\phi\text{N}65^\circ$ , suggesting that global deglaciation occurs during thawing at high altitudes in the northern hemisphere (Broecker, 1984; Imbrie *et al.*, 1993). The time interval between termination varies from 84,000 (terminations IV-V) to 120,000 (III-II) years, that is five-to six process cycles (Raymo, 1997).

### **Corrections to the stratigraphic model of Serbia**

#### *Deficiencies of the Penck & Brückner Alpine stratigraphic model*

Penck & Brückner's Pleistocene Alpine stratigraphic scheme (Penck & Brückner, 1909) had for decades represented the basic chronostratigraphic model for almost the entire continent, and was based on the study of moraine materials in the valleys of the northern foot of the Alps.

George Kukla overvied and unified the evidence obtained until 1969 which testify to the fact that the development of the glacial and interglacial periods according to the Penck & Brückner's scheme, which was expanded by Eberl and accepted by a whole generation of geologists, was not true (Imbrie & Imbrie, 1981; Kukla, 1975, 1977). According to this, the terms Biber, Danube, Günz, Mindel, Riss and Würm can therefore exclusively be used to describe the correlation of terraces or moraines in the area of the Alps (Kukla, 1977). It has been recommended that instead of the determinant "Würm" the term "Würm terrace" is

used, that is that the Penck & Brückner's chronostratigraphic units are not used as geochronological or chronostratigraphic stages.

One of the conclusions of the fourteen year 24<sup>th</sup> IGCP (International Geological Correlation Programme) of the project, "Quaternary glaciations of the northern hemisphere" is that the Penck & Brückner's Pleistocene stratigraphy must be rejected (Ehlers, 1996; Sibrava, 1986). However, a number of scientists still use the Penck & Brückner's stratigraphic model for the division of Pleistocene, as is often the case in our country.

### *Issues with Eopleistocene*

During the 1970s, during the formation of the Quaternary stratigraphy scheme for the region of Serbia, the term Eopleistocene was "borrowed" to denote the oldest Quaternary sequence. According to its original definition "the term Eopleistocene was proposed for the lower part of the Quaternary period, which is located between the lower part of the upper Pliocene (including Akchagilyan beds with Kahrpovian faunistic complex) and Pleistocene in the narrow sense, beginning with Mindel glaciation. According to Gromov *et al.*, (1972) its upper boundary would be located below Tiraspolian beds, and equivalent to Mindel glaciation. The term reflects the understanding of a large number of Russian geologists on the need to lower the lower limit of the Quaternary for most of the upper Pliocene ("A" variant limit N/Q, according to the International Colloquium in Chisinau, 1972), both based on the first occurrence of Quaternary mammalian fauna as well as the findings of the first tools and the remains of man (Rakić, 1975, 94).

The time frame of the Eopleistocene has often been altered (Rakić, 1977a, 1977b). The most graphic example is in the monograph *Geology of Serbia - Stratigraphy - Cenozoic* (Petković, 1977). In the tabular overview of Rakić's opinion on the age of the Belgrade and Srem loess, where eo-Pleistocene strata include the Danube and Danube/Günz, located below the lower Pleistocene (Günz) (Stevanović, 1977, 379) (Figure 3).

A similar sequence is shown in the tabular overview of the Pleistocene chronology of Banat in which Eopleistocene is presented by the Mid (?) – and Upper Paludine strata, while Günz comprises the younger stratigraphic, the oldest member of the lower Pleistocene (Rakić, 1977a, 403).

The Eopleistocene, enclosed, has a completely different place in the stratigraphic division, in which lithostratigraphic columns of Quaternary sediments are presented in the South and West Morava valley, and Levantine, Danube and Günz strata comprise the Eopleistocene, while younger stratigraphic units are made up of Mindel (Pleistocene) (Rakić, 1977a, 406) (Appendix 3).

Similar to the previous model the lithostratigraphic column of the upper Pliocene and Northern Srem Quaternary (Rakić, 1977) is presented, in which Eopleistocene encompass the Middle and Upper Paludina beds, the Danube, and Günz-Mindel, while the younger stratigraphic unit is comprised of Mindel (Pleistocene) (Rakić, 1977b, 402) (Appendix 3).

**Fig. 3. The position of the Eopleistocene in the stratigraphical time scale after Rakić (Rakić 1977, 1977a, 1977b; Stevanović, 1977). Legend: I – The Upper Pliocene and Quaternary of the North Srem; II – Quaternary sediments of the South- and West Morava rivers; III – The age of loess of Belgrade and Srem; IV – The Pleistocene chronology of Banat.**

The Eopleistocene represents the regional stratigraphic unit for Russia (and the countries of the former USSR). According to the present stratigraphic division of the Quaternary in Russia, Eopleistocene is the approximate equivalent to the earlier part of the Pleistocene - the Calabrian floor only, while the approximate time equivalent of Neopleistocene is the mid and late Pleistocene subseries (Anonymous, 1982, 1984;

Krasenkov *et al.*, 1997, according to Gibbard, 2004). The Eopleistocene, in the case of the Quaternary in Serbia, is in use (e.g. Knežević *et al.*, 1998; Nenadić, 2000, 2003; Nenadić & Simić, 2003-2004; Nenadić *et al.*, 1998, 2002) however even Rakić (1976) avoided using it in the lithostratigraphic column of the Pliocene-Quaternary sediments of Srem and in tables of loess synchronisms near Belgrade and Srem (Rakić, 1976, 160, 171) in which appropriate formations were represented by lower Pleistocene sediments.

### *Stratigraphy of loess-paleosol sequences in Serbia*

The results of multidisciplinary investigations of loess-paleosol sequences (LPSS) in the Vojvodina region (N Serbia) over the last several years have improved knowledge and understanding of their chronostratigraphy. LPSS preserved in northern part of Serbia are exceptionally complete and as such represent one of the most detailed terrestrial climatic records available. Marković *et al.* (2003, 2004a, 2006) designated the loess-paleosol units names in North Serbia following the Chinese loess-stratigraphic system (e.g. Liu, 1985; Kukla, 1987; Kukla and An, 1989), but inserting prefix “SL” referring to the Stari Slankamen site as the standard type section. Due to incompleteness of the youngest part of Stari Slankamen section, the prefix “V” is now used (Marković *et al.*, 2008, 2011, 2012).

Stratigraphy of LPSS in North Serbia is resolved using several independent approaches.

The first thermoluminescence dating provided by Singhvi *et al.* (1989) and Butrym *et al.* (1991) are significantly revised by recent application of TL and IRSL. These techniques have been widely applied on the last glacial/interglacial loess sequences in Vojvodina (Antoine *et al.*, 2009; Bokhorst *et al.*, 2009; Fuchs *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 2007, 2008).

Amino acid racemisation (AAR) relative geochronology has been successfully applied to define up to last 5 glacial-interglacial cycles (Marković *et al.*, 2004a,b, 2005, 2006, 2007, 2011).

On the Stari Slankamen section, paleomagnetic Brunhes-Matuyama boundary (MBB) between Lower and Middle Pleistocene is detected. The first results of the paleomagnetic investigations on the site (Marković *et al.*, 1999, 2003) are confirmed and precisely positioned (Hambach *et al.*, 2009; Jovanović *et al.*, 2010; Marković *et al.*, 2011). Presence of reversed polarity is shown in lower part of the lowest loess layer V-L9. The lowermost 1 m of section, within the basal pedocomplex, exhibits an interval of normal polarity, potentially indicating the Jaramillo Subchron. Time lag between detected and expected MBB position is result of complex lock-in processes (e.g. Spassov *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2008). However, according to paleointensity results, MBB reversal occurs during formation of V-S7 paleosol, which is equivalent of MIS 19. Such position is equivalent to MBB in Chinese loess (Zhou and Shackleton, 1999; Tauxe *et al.*, 1996).

Detailed subdivision of the Brunhes Chron age LPSS in Vojvodina is based on the magnetic susceptibility (MS) record. The distinct and characteristic MS signal at many investigated loess sites in Vojvodina, resembles the typical pattern of the environmental magnetic records determined from other Eurasian loess sites. As proxy of paleoclimatic trends rock magnetic data allow to extend correlation to marine isotope record and Antarctica ice cores also (Antoine *et al.*, 2009; Buggle *et al.*, 2009; Fuchs *et al.*, 2008; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011)

## Conclusion

The need for the unification and harmonisation of terminology and nomenclature of the Quaternary stratigraphy in Serbia was already present, while the lowering of the boundary of the beginning of the Pleistocene to 2.588 million years only renewed discussion on this issue.

Nearly a quarter century has passed since the use of the Penck & Brückner's Pleistocene stratigraphic model was officially rejected in Europe (Ehlers, 1996; Šibrava, 1986). Therefore it is necessary that the terms Biber, Danube, Günz, Mindel, Riss and Würm be used in the context of the geological science history. Additionally, the term Eopleistocene is of regional character (the former USSR) and cannot be clearly linked to the Quaternary sequences in our country, as such its use in case of Serbia Quaternary formations should be avoided.

The terms glacial and interglacial are inadequate for areas which were not affected by glaciations, therefore the use of terms hot and cold, or moderate stadium is recommended.

According to contemporary climatostratigraphic division, Quaternary has been subdivided according to marine isotope stages (MIS), which have been defined on the basis of oxygen isotope variations in deep-sea sediments (Cits, 2008; Emillian, 1955; Shackleton & Opdyke, 1973). This model has been successfully applied in the correlation of the loess series in Vojvodina with the most significant loess-paleosol profiles of the Eurasian continent, deep-sea sediments and ice cores of the Antarctica and Greenland (Antoine *et al.*, 2009; Buggle *et al.*, 2009; Hambach *et al.*, 2008; Marković *et al.*, 1999, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012) and should therefore be extended to Quaternary formations in Serbia.

## Reference

See Reference on page 8.